

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

19 21 22 ES 10 A1
11 21 22
470567

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

NUMERO	470567
FECHA DE PRESENTACION	

PATENTE DE INVENCION

60 PRIORIDADES:		
61 NUMERO	62 FECHA	63 PAIS
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
51 GOIN, GO2B		
64 TITULO DE LA INVENCION		
"METODO FOTOGRAFICO PARA LA MEDIDA DEL PERFIL DEL INDICE DE REFRACCION DE FIBRAS OPTICAS"		
71 SOLICITANTE (S)		
STANDARD ELECTRICA, S.A.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
Madrid, calle de Ramirez de Prado, nº 5.		
72 INVENTOR (ES)		
Antonio Aguilar Morales		
73 TITULAR (ES)		
STANDARD ELECTRICA, S.A.		
74 REPRESENTANTE		
D. Eugenio Barroso Espinosa de los Monteros.		

Para controlar el proceso de fabricación y caracterizar sus parámetros, las fibras ópticas fabricadas se someten a una serie de medidas rutinarias. Algunas de estas medidas son la del perfil del índice de refracción y la de los parámetros relativos a la geometría del núcleo y de la envoltura.

El perfil del índice de refracción de una fibra óptica es el nombre genérico que se da a la variación del índice de refracción a lo largo del radio del núcleo. El control de este parámetro durante el proceso de fabricación es particularmente importante porque la forma de dicho perfil depende críticamente la anchura de banda máxima que se puede transmitir a través de una longitud de fibra. Cuando se fabrican fibras ópticas de gran anchura de banda el objetivo de diseño es conseguir un perfil parabólico o casi parabólico de forma que minimice las diferencias entre las velocidades de grupo de los diferentes modos que se propagan a través de la fibra óptica.

Los parámetros relativos a la geometría de la fibra: diámetros del núcleo y de la envoltura, concentricidad y elipticidades son también importantes porque de ellos depende la eficiencia de las uniones y conexiones entre dos longitudes de fibra. El objetivo es producir fibras ópticas, que estén formadas por dos cilindros concéntricos (núcleo y envoltura) y con el mismo valor de los respectivos diámetros en todas las fibras del mismo tipo.

Dos fibras ópticas que no cumplan los requisitos anteriores dan lugar a pérdidas de potencia luminosa, por desalineamiento, cuando se unen entre sí.

Las medidas del perfil del índice de refracción

y de los parámetros geométricos se realizan separadamente utilizando montajes diferentes.

El presente invento se refiere a un procedimiento fotográfico de medida del perfil del índice de refracción de una fibra óptica, para lo cual es necesario obtener un negativo fotográfico. Este negativo fotográfico adicionalmente puede ser usado para medir los parámetros geométricos mencionados anteriormente.

El fundamento del método que se propone se basa en la técnica llamada del campo próximo, según la cual el perfil del índice de refracción de una sección transversal (cara) de una fibra se deduce a partir de la distribución radial de la intensidad luminosa que emerge de dicha cara.

Esta distribución de la intensidad luminosa define la ley de variación del índice de refracción cuando la cara de entrada de la fibra está iluminada por una fuente lambertiana.

Una fuente lambertiana se caracteriza porque emite una radiación (potencia radiante por unidad de ángulo sólido y por unidad de área normal a la dirección considerada) que es uniforme en todas direcciones.

El montaje que habitualmente se utiliza para la realización de esta medida consta fundamentalmente de dos partes. I) Un montaje óptico de iluminación de la cara de entrada y de formación de la imagen ampliada de la cara de salida y II) Un montaje electrónico de detección y registro gráfico.

La descripción del montaje óptico se puede resumir como sigue: La energía luminosa emitida por una fuente (lámpara de tungsteno) pasa a través de un filtro interferen-

cial que selecciona la longitud de onda de operación y se concentra mediante una lente condensadora en la rendija de entrada o filtro espacial que se sitúa a la distancia focal de un objetivo de microscopio. El haz paralelo que sale de este objetivo se concentra en la cara de entrada de la fibra mediante otro objetivo de microscopio de gran apertura numérica. La cara de salida de la fibra presenta entonces una distribución de intensidad luminosa que está directamente relacionada con la variación del índice de refracción.

10 Para el trazado del perfil de intensidades se procede previamente a la formación de la imagen ampliada de dicha cara. Esta operación se realiza mediante un sistema óptico de microscopio que consiste en un objetivo de microscopio (p.e. x40) y un ocular (p.e. x10). La imagen ampliada de la cara de salida de la fibra se forma en un plano donde se realiza un scanning fotométrico. Esta imagen está ampliada respecto de la dimensión natural de la cara de la fibra por un factor que depende del producto de los aumentos de los componentes ópticos (p.e. 40 x 10) y de la distancia del plano imagen al ocular.

20 El montaje electrónico consiste esencialmente de un fotodetector que se desplaza mediante la acción de un motor a lo largo del campo donde se desea realizar el barrido fotométrico. La señal eléctrica proporcional a la intensidad luminosa detectada y otra señal eléctrica proporcional al desplazamiento del motor se representan gráficamente en unos sistemas coordinados mediante un registrador xy.

Realizando un barrido del fotodetector a lo largo de un diámetro de la imagen de la cara de la fibra el registrador dibuja el perfil de intensidad en función del radio

30

de la cara de la fibra. A partir de este perfil se deduce la ley de variación de la forma $l - \left(\frac{r}{a}\right)^\alpha$ mediante un ajuste matemático (p.e. mínimos cuadrados) de dicha curva; r es la distancia de un punto al centro del núcleo, a es el radio del núcleo y α es un número real positivo que define la ley de variación. El valor del parámetro α es el que hay que calcular.

En el proceso que acaba de reseñarse hay una operación crítica que es la formación de la imagen de la cara de la fibra justamente en el plano dónde se mueve el fotodetector que realiza el barrido fotométrico. Un pequeño desenfoque de la imagen da lugar a errores en los valores representados gráficamente. También es crítico llevar a cabo el barrido a lo largo de un diámetro de la imagen circular. Otro problema que presenta el método descrito es la falta de estabilidad de la fuente luminosa, lo cual produce variaciones instantáneas de las intensidades luminosas detectadas. Para corregir el efecto de la falta de estabilidad de la fuente se suele utilizar un montaje electrónico adicional. Por otra parte, la información acerca de la geometría que se puede deducir de la gráfica obtenida es escasa y poco precisa. Solamente se puede medir, con poca precisión, la longitud del diámetro del núcleo en la dirección de barrido.

De acuerdo con el presente invento el montaje para la realización de las medidas del perfil del índice de refracción y de los parámetros relativos a la geometría del núcleo y de la envoltura de la fibra se representa en la Fig. 1. La luz procedente de la fuente luminosa (F) pasa por un filtro interferencial que selecciona la longitud de onda de operación. También se puede utilizar directamente

un monocromador con el cual se ajusta la longitud de onda accionando un mando. En cualquiera de ambos casos, la luz monocromática se concentra mediante una lente condensadora (L) en la rendija (R) de entrada o filtro espacial, que
5 está situado a la distancia focal del objetivo del microscopio O_1 . El haz paralelo que emerge de O_1 se concentra mediante otro objetivo de microscopio O_2 , que debe tener mayor apertura numérica que la de la fibra, en la cara de entrada (C1) de la fibra (Fb). La cara de salida de la fibra (C2)
10 aparece entonces iluminada y tiene una distribución radial de intensidad que está directamente relacionada con la variación del índice de refracción.

El presente invento consiste en realizar la medida del perfil del índice de refracción mediante el análisis
15 de la película o placa fotográfica dónde se ha impresionado la imagen de la cara de la fibra.

Del análisis del negativo fotográfico, que puede ser densitométrico, fotométrico, etc. y del conocimiento de la respuesta de la placa o película a la energía luminosa
20 incidente se deduce el perfil de intensidades y por tanto la ley de variación del índice de refracción.

De acuerdo con el presente invento, para la obtención del negativo fotográfico se utiliza una técnica microfotográfica normal. La cara 2 de la fibra se fija en
25 la plataforma de un microscopio (MC), el cual incorpora un equipo de fotografía (EF). El factor de ampliación (o número de aumentos) de la imagen proyectada en el plano de la placa o película fotográfica está determinada por el producto del aumento del objetivo de microscopio y del aumento del ocular. Esto da una gran versatilidad porque tanto
30

el objetivo de microscopio como el ocular son fácilmente intercambiables y por tanto la elección del número de aumentos totales se realiza muy fácilmente.

Como se desprende del párrafo anterior el enfoque de la imagen de la cara de la fibra en el plano de la película se realiza fácilmente y con bastante precisión ya que esto constituye una rutina elemental cuando se utiliza un microscopio. Aparte de los binoculares que tiene cualquier microscopio, un microscopio con un equipo de fotografía incorporado dispone de un visor adicional que permite la observación de la imagen que se proyecta en el plano de la película fotosensible.

El criterio para elegir la película o placa fotosensible se basa en su respuesta (ennegrecimiento) a la energía luminosa incidente. La curva de respuesta depende también del proceso posterior de revelado y fijado para obtener el negativo fotográfico. En este sentido la práctica más sencilla es emplear el tipo de revelador y en la forma (tiempo de revelado y temperatura) que recomienden las especificaciones comerciales. La película por otra parte debe tener alta definición.

La película como se ha dicho anteriormente, es sensible a la energía luminosa. La energía luminosa que incide en cada punto de la película es el producto de la intensidad luminosa por el tiempo de exposición. El tiempo de exposición debe elegirse de manera que la zona de operación de la curva de respuesta de la película presente una ley conocida.

Si, de acuerdo con este método, se elige una película cuya curva característica tiene un largo tramo.

lineal y se expone a una radiación luminosa que presenta una distribución de intensidad $I(r)$ durante un tiempo t tal que el intervalo de energía contenido en la función $I(r) \cdot t$ estén dentro de dicha parte lineal, entonces se puede deducir fácilmente la distribución $I(r)$ de intensidad. La curva característica de una película fotográfica, como muestra la Fig. 2, representa la densidad en función del logaritmo de la energía luminosa. La densidad (D) se define como el logaritmo de la inversa de la transparencia (T) y esta es la proporción de la energía (W) incidente que atraviesa la placa ennegrecida. La pendiente del tramo lineal de la curva característica depende también del proceso de revelado.

De acuerdo con el presente invento y utilizando una película con un largo tramo lineal de su curva característica y exponiéndola durante un tiempo de acuerdo con el criterio del párrafo anterior, se obtiene un negativo fotográfico con la imagen de la cara 2 de la fibra. Este negativo presenta una densidad que es proporcional al logaritmo de la intensidad luminosa. Por tanto si se representa el perfil de densidades a lo largo de un diámetro de la imagen de la cara, se puede deducir la ley de variación de la intensidad luminosa y por tanto la ley de variación del índice de refracción o perfil de índices.

La operación para dibujar la curva de densidad se realiza mediante un micro-densitómetro del negativo fotográfico obtenido, éste se coloca sobre la plataforma del aparato, con el cual se puede elegir fácilmente la dirección de barrido. Simultáneamente al barrido el aparato dibuja la función de densidad del negativo a lo largo de la dirección elegida. Esta gráfica representa en el eje vertical (ordena-

das) la densidad de la película multiplicada por un factor que se elige en la puesta en operación del aparato y en el eje horizontal (abcisa) se presenta el desplazamiento de barrido multiplicado por un factor también fácilmente seleccionable. La Fig. 3 muestra una curva de densidad obtenida según la técnica descrita en el presente invento.

De acuerdo con este invento el ajuste matemático de la curva de densidad (en función del radio de la cara de la fibra) según una función del tipo mencionado anteriormente $1 - (r/a)^{\infty}$ se realiza fácilmente computando los datos suministrados por la propia gráfica representada; también se puede computar los datos directamente si al microdensitómetro se conecta un ordenador.

De acuerdo con este invento los parámetros geométricos se pueden realizar de manera precisa a partir de la imagen de la cara de la fibra reistrada en el negativo fotográfico.

Según el método propuesto la realización de un barrido en la dirección de un diámetro no constituye una operación crítica ya que esta dirección es fácilmente seleccionable en el microdensitómetro. La falta de estabilidad de la fuente luminosa no afecta absolutamente nada empleando este método, ya que ello afectaría durante la exposición de la película y cualquier variación de intensidad afecta por igual a todos los puntos representados en el negativo.

Como se deduce del esquema del montaje de la Fig. 1 se han incorporado algunos elementos ópticos que no han sido descritos anteriormente. Estos elementos dan más versatilidad e incluso introducen ciertas mejoras.

Entre los objetivos de microscopio O_1 y O_2 se incluyen un divisor de haz D que puede ser una lámina de vidrio plano.- paralela de un cierto espesor. La función de esta lámina es recoger la imagen de la cara 1 y desviarla en la dirección que se indica.

Adicionalmente se incorpora un ocular (OC) y un cuerpo de cámara fotográfica reflex (CR). Colocando el divisor de haz en la forma que se indica en la fig. se forma un sistema óptico de microscopio entre O_2 y el ocular que puede desempeñar diferentes funciones.

1) Observar el estado de la cara 1 de la fibra.

La imagen de la cara se puede producir por reflexión o por transmisión.

2) Registrar fotográficamente la imagen de dicha cara por reflexión.

3) Registrar fotográficamente la imagen de dicha cara por transmisión. En este caso la iluminación se realiza por la cara 2 mediante el sistema de iluminación propio del microscopio (IM) ó un sistema que se puede adaptar para la finalidad perseguida. Cuando se requiera registrar la imagen por transmisión de la cara 1 dejará de actuar el sistema de iluminación de la fuente.

De acuerdo con el montaje mejorado se puede realizar registros fotográficos tanto por transmisión como por reflexión de cada una de las caras (1 y 2) de la fibra.

La imagen por reflexión también tiene información acerca del perfil de índices de refracción ya que el factor de reflexión de cada punto de la cara de la fibra depende del índice de refracción.

Finalmente se incorpora opcionalmente un difusor anterior a la cara de entrada de la fibra, cuando se pretende obtener una imagen de la cara de salida por transmisión. Es decir, se coloca antes de la cara 1 cuando se quiera obtener la imagen de la cara 2 y viceversa. El difusor, puede ser un vidrio delustrado, y puede estar en reposo o en movimiento. La función del difusor es producir a la salida una radiación lambertiana. La inclusión del difusor en una posición anterior a la cara de la fibra presenta la ventaja de poder utilizar cualquier tipo de fuente luminosa sin necesidad de que esta sea lambertiana.

-----NOTA-----

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que objeto de esta patente de veinte años son los siguientes:

5 1.- Método fotográfico para la medida del perfil del índice de refracción de fibras ópticas, caracterizado por el empleo de negativos fotográficos de las caras de una fibra óptica convenientemente iluminada por una fuente luminosa lambertiana, un sistema óptico de enfoque, un dispositivo de microscopio con cámara microfotográfica acoplada y aparato densitométrico del negativo fotográfico.

10 2.- Método fotográfico según la reivindicación 1, caracterizado porque una vez enfocada en el microscopio la cara de la fibra por la que emerge la luz (cara 2), se fotografía dicha cara de la fibra por medio de la cámara microfotográfica, obteniéndose, por los procedimientos normales en fotografía, un negativo ampliado de dicha cara de la fibra.

15 3.- Método fotográfico según los puntos 1 y 2 caracterizado porque el negativo fotográfico se analiza mediante un aparato densitométrico, fotométrico o cualquier sistema que explore el negativo para obtener datos de densidad a lo largo de un diámetro de la cara de la fibra que permiten, mediante el cálculo, deducir el perfil del índice de refracción en la fibra.

20 4.- Método fotográfico según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el cálculo del perfil del índice de refracción puede ser realizado por un ordenador trabajando en conexión con el analizador del negativo fotográfico.

30

5.- Método fotográfico según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye además un divisor de haz que permite recoger la imagen de la fibra por la que incide la luz (cara 1) y desviarla hacia un dispositivo de observación y fotografía obteniéndose de esta manera una imagen por reflexión de dicha cara de la fibra.

6.- Método fotográfico según la reivindicación anterior, caracterizado porque si la luz incide por la cara 2 iluminando desde el extremo del microscopio se puede obtener una imagen por transmisión de la cara 1 de la fibra en un dispositivo de observación y fotografía antes mencionado.

7.- Método fotográfico según las reivindicaciones 5 y 6 caracterizado porque iluminando desde el extremo del microscopio se puede obtener una imagen por reflexión de la cara 2 de la fibra por medio de los dispositivos propios del microscopio.

8.- Método fotográfico según cualquiera de los puntos anteriores caracterizado porque opcionalmente y dependiendo del extremo en que se encuentre la fuente luminosa puede colocarse un difusor entre la fuente luminosa y la cara de la fibra por la que vaya a incidir la luz. Dicho difusor puede ser una lámina de vidrio deslustrado, fijo o móvil, que tiende a mejorar la característica lambertiana del haz de luz utilizado.

9.- Método fotográfico para la medida del perfil del índice de refracción de fibras ópticas.

Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y a los fines especificados.

5 Esta memoria consta de trece hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 16 OCT. 1978

M. G. SANTAMARIA
VICE-SECRETARIO GENERAL



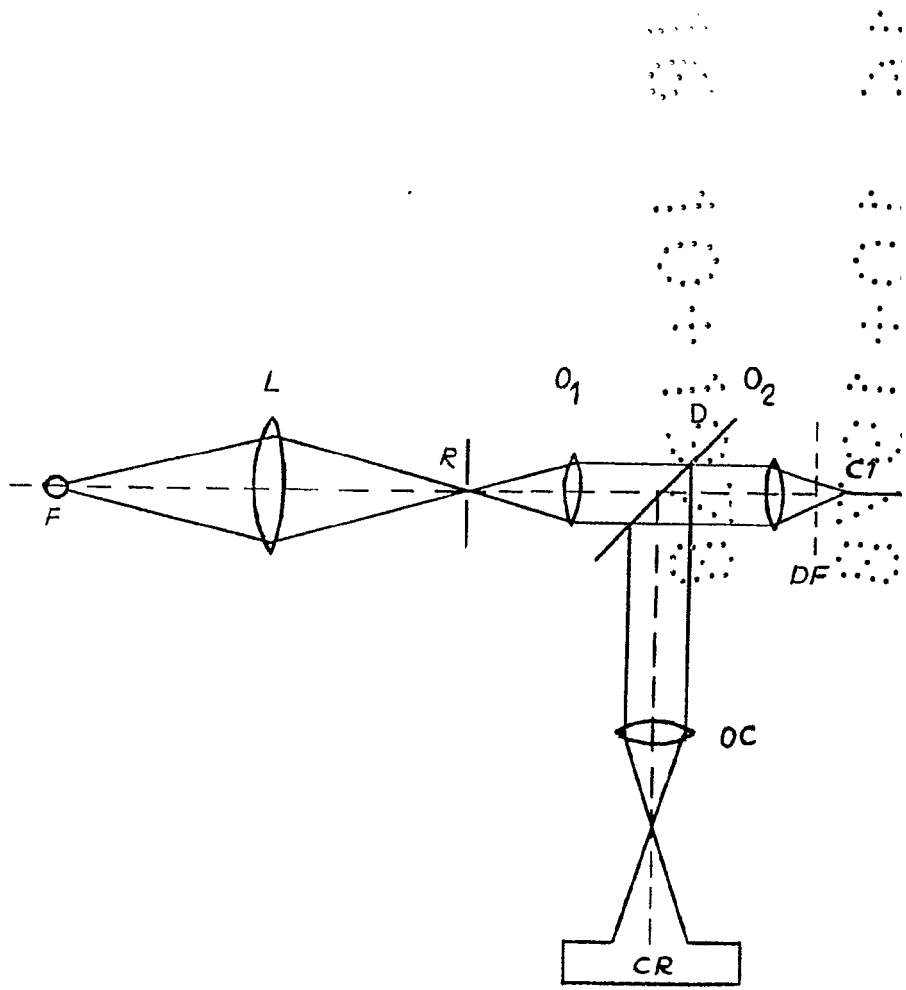
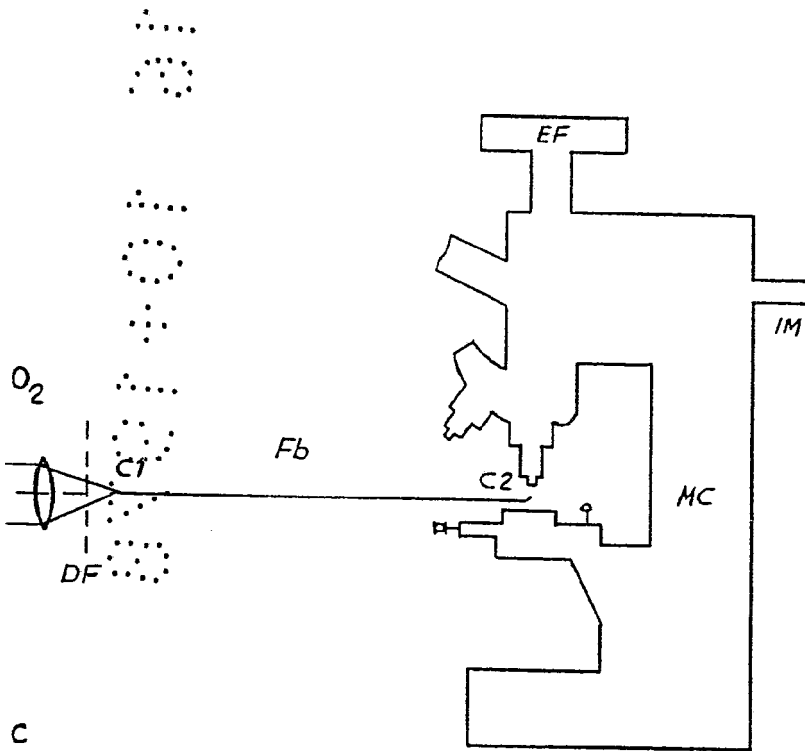


FIG. 1



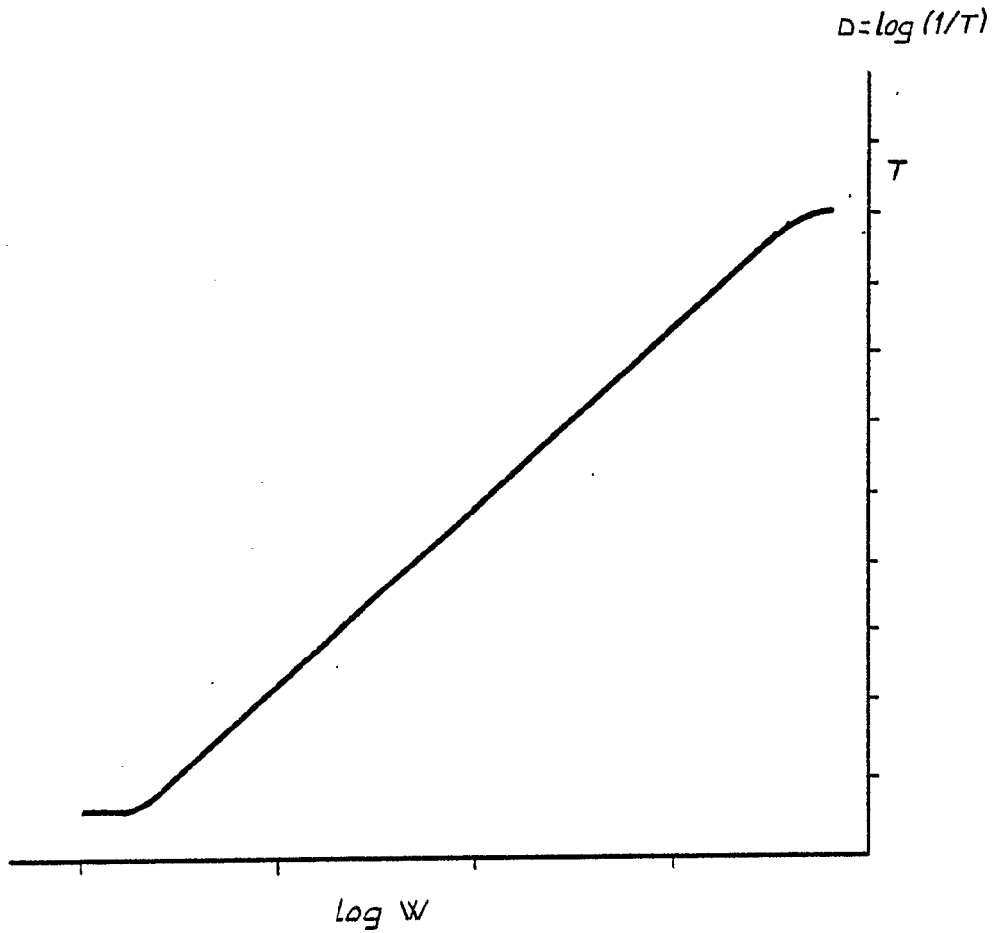


c

16 OCT. 1978

19.1

M. G. Santamaria
M. G. SANTAMARIA
VICE-SECRETARIO GENERAL

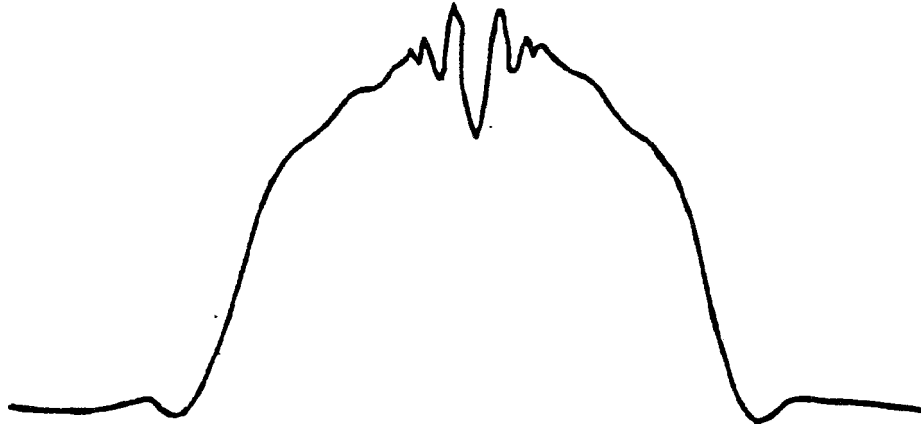


16 OCT. 1978

FIG. 2



M. G. Santamaria
M. G. SANTAMARIA
VICE-SECRETARIO GENERAL



16 OCT. 1978

FIG. 3



M. G. Santamaria
M. G. SANTAMARIA
VICE-SECRETARIO GENERAL